

MAGNETIC RECORDING MEDIUM, METHOD OF MANUFACTURING THE SAME AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING APPARATUS

Publication number: JP2003242622

Publication date: 2003-08-29

Inventor: SHIMIZU KENJI; SAKAWAKI AKIRA; KOKUBU MASATO; MOCHIZUKI NORIO; SAKAI HIROSHI

Applicant: SHOWA DENKO KK

Classification:

- international: **G11B5/65; G11B5/64; G11B5/667; G11B5/738; G11B5/851; H01F10/16; H01F10/28; H01F10/30; H01F41/18; G11B5/62; G11B5/64; G11B5/66; G11B5/84; H01F10/00; H01F10/12; H01F41/14; (IPC1-7): G11B5/65; G11B5/64; G11B5/667; G11B5/738; G11B5/851; H01F10/16; H01F10/28; H01F10/30; H01F41/18**

- european:

Application number: JP20020040866 20020219

Priority number(s): JP20020040866 20020219

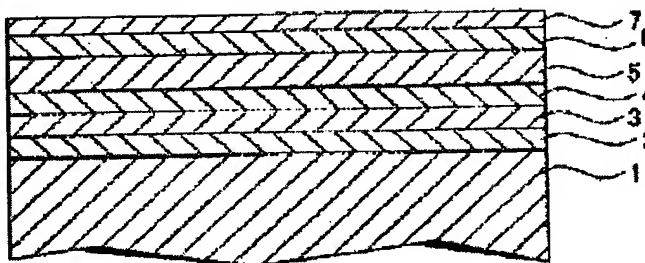
Report a data error here

Abstract of JP2003242622

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium which improves recording and reproducing characteristics and thermal fluctuation resistance and can record and reproduce high-density information, a method of manufacturing the same and a magnetic recording and reproducing apparatus.

SOLUTION: The magnetic recording medium is provided with at least a soft magnetic ground surface film, orientation control film for controlling the orientability of the film right thereabove, perpendicular magnetic film of the axis of easy magnetization oriented mainly perpendicularly to a nonmagnetic substrate and protective film on the substrate, in which the orientation control film is an alloy expressed by Ni-X1-X2; the content of Ni is 20 to 80 at.%; X1 is any one kind or ≥ 2 kinds selected from Ta, Nb, Hf, Zr, and Ti; and X2 is any one kind or ≥ 2 kinds selected from B, C, P, Si, Ge, and Pt.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-242622

(P 2003-242622A)

(43) 公開日 平成15年8月29日 (2003. 8. 29)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード	(参考)
G11B 5/65		G11B 5/65	5D006	
5/64		5/64	5D112	
5/667		5/667	5E049	
5/738		5/738		
5/851		5/851		

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全16頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-40866 (P 2002-40866)	(71) 出願人	000002004 昭和電工株式会社 東京都港区芝大門1丁目13番9号
(22) 出願日	平成14年2月19日 (2002. 2. 19)	(72) 発明者	清水 謙治 千葉県市原市八幡海岸通り5番の1 昭和 電工エイチ・ディー株式会社内
		(72) 発明者	坂脇 彰 千葉県市原市八幡海岸通り5番の1 昭和 電工エイチ・ディー株式会社内
		(74) 代理人	100118740 弁理士 柿沼 伸司

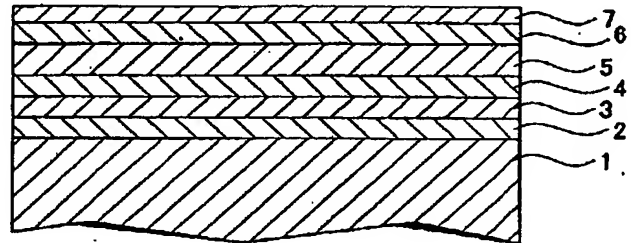
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 記録再生特性、熱ゆらき耐性を向上させ高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、該配向制御膜が $Ni-X1-X2$ で表される合金であって、 Ni の含有率が $20 \sim 80 \text{ at} \%$ で、 $X1$ が Ta 、 Nb 、 Hf 、 Zr 、 Ti から選ばれるいずれか1種または2種以上、 $X2$ が B 、 C 、 P 、 Si 、 Ge 、 Pt から選ばれるいずれか1種または2種以上であることを特徴とする磁気記録媒体によって解決される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、該配向制御膜がNi-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、該配向制御膜がNi-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1が4A族の元素、5A族の元素から選ばれるいずれか1種または2種以上、X2が3B族の元素、4B族の元素、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項3】配向制御膜が、NiTaC合金、NiNbC合金、NiTaP合金、NiTaPt合金から選ばれるいずれか1種であることを特徴とする請求項1または2に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】配向制御膜が、NiとTaとCを含む材料からなり、 $x\text{Ni}-y\text{Ta}-z\text{C}$ ($20\text{at}\% \leq x \leq 80\text{at}\%$ 、 $15\text{at}\% \leq y \leq 75\text{at}\%$ 、 $0.5\text{at}\% \leq z \leq 50\text{at}\%$) で表される組成であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項5】配向制御膜の厚さが、0.5nm～30nmであることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項6】垂直磁性膜の $\Delta H_c/H_c$ が0.3以下であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項7】垂直磁性膜がCrの含有量が14～24at%、Ptの含有量が14～24at%であるCoCrPtを主成分とする組成であり、磁気記録媒体の保磁力(H_c)が3000(Oe)以上、逆磁区核形成磁界($-H_n$)が0(Oe)以上2500(Oe)以下、残留磁化(M_r)と飽和磁化(M_s)との比 M_r/M_s が0.9以上であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項8】垂直磁性膜が、その組成が0.1～5at%のBを含有し、垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ が2～10°の範囲であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項9】軟磁性下地膜の飽和磁束密度 B_s (T)と膜厚 t (nm)との積 $B_s \cdot t$ (T・nm)が40(T・nm)以上であることを特徴とする請求項1乃至8の

いずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項10】配向制御膜と垂直磁性膜との間に、CoCr合金、CoCrX3合金、CoX3合金(X3:Pt、Ta、Zr、Ru、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれるいずれか1種または2種以上。)から選ばれるいずれか1種であり、Coの含有量は30～70at%である中間膜が形成されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

10 【請求項11】中間膜の厚さが20nm以下であることを特徴とする請求項10に記載の磁気記録媒体。

【請求項12】非磁性基板と軟磁性下地膜の間に硬磁性材料からなる永久磁石膜が設けられていることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項13】非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを順次形成する磁気記録媒体の製造方法において、配向制御膜を、Ni-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上であるターゲットを用いてスパッター法にて形成することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項14】磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、請求項1乃至12のいずれか1項に記載の磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気記録再生装置の1種であるハードディスク装置(HDD)は、現在その記録密度が年率60%以上で増えており今後もその傾向は続くと言われている。その為に高記録密度に適した磁気記録用ヘッドの開発、磁気記録媒体の開発が進められている。

【0003】現在、市販されている磁気記録再生装置に搭載されている磁気記録媒体は、主に、磁性膜内の磁化容易軸が基板に対して水平に配向した面内磁気記録媒体である。ここで磁化容易軸とは、磁化の向き易い軸のことであり、Co基合金の場合、Coのhcp構造のc軸のことである。

【0004】このような面内磁気記録媒体では、高記録密度化すると記録ビットの1ビットあたりの磁性層の体

積が小さくなりすぎ、熱揺らぎ効果により記録再生特性が悪化する可能性がある。また、高記録密度化した際に、記録ビット間の境界領域で発生する反磁界の影響により媒体ノイズが増加する傾向がある。

【0005】これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にも、記録ビット間の境界領域における反磁界の影響が小さく、鮮明なビット境界が形成されるため、ノイズの増加が抑えられる。しかも、高記録密度化に伴う記録ビット体積の減少が少なくすむため、熱揺らぎ効果にも強い。そこで、近年大きな注目を集めており、垂直磁気記録に適した媒体の構造が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近年では、磁気記録媒体の更なる高記録密度化が要望に対して、垂直磁性膜に対する書きこみ能力に優れている単磁極ヘッドを用いることが検討されている。そのようなヘッドに対応するために、記録層である垂直磁性膜と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる層を設けることにより、単磁極ヘッドと磁気記録媒体との間の磁束の出入りの効率を向上させた磁気記録媒体が提案されている。

【0007】しかしながら、上記のように単に裏打ち層を設けた磁気記録媒体を用いた場合では、記録再生時の記録再生特性や、熱揺らぎ耐性、記録分解能において満足できるものではなく、これら特性に優れた磁気記録媒体が要望されていた。

【0008】一般に垂直磁気記録媒体は、基板上に裏打ち層（軟磁性下地膜）を設け、磁性層の磁化容易軸を基板面に対して垂直に配向させる配向制御膜、Co合金からなる垂直磁性膜および保護膜の順で構成されている。この中で、磁気記録媒体の記録再生特性を改善するには、垂直磁性膜に対して、ノイズの低い磁性材料を使うのは勿論であるが、層構造についても幾つかの改善手法が提案されている。

【0009】特許第2669529号公報には、非磁性基板と六方晶系の磁性合金膜との間にTi下地膜を設け、Ti下地膜に他の元素を含有させることにより、Ti合金下地膜と六方晶系の磁性合金膜との間の格子の整合性を高め、六方晶系の磁性合金膜のc軸配向性を向上させる方法が提案されている。しかしながら、Ti合金下地を用いると、合金磁性膜中の磁気クラスター径が大きくなり、その結果、媒体ノイズが大きくなり、更なる高記録密度化は困難である。

【0010】特開平8-180360号公報には、CoとRuからなる下地膜を非磁性基板とCo合金垂直磁性膜との間に用いることにより、Co合金垂直磁性膜のc軸配向性を向上させる方法が提案されている。しかしながら、CoとRuからなる下地膜は結晶粒径が大きくなり、その結果Co合金磁性膜中の磁性粒子径が大きくなり、媒体ノイズが大きくなり、更なる高記録密度化は困難である。

り、媒体ノイズが大きくなり、更なる高密度化は困難である。

【0011】特開昭63-211117号公報には、炭素含有下地膜を基板とCo合金垂直磁性膜との間に用いることが、提案されている。しかしながら、炭素含有下地膜を用いると、炭素含有下地膜はアモルファス構造下地膜であるために、垂直磁性膜のc軸配向性が悪化するため、その結果、熱揺らぎ耐性が悪化し、更なる高記録密度化は困難である。

【0012】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、記録再生特性、熱揺らぎ耐性を向上させ、高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

1) 上記課題を解決するための第1の発明は、非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、該配向制御膜がNi-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上であることを特徴とする磁気記録媒体である。

2) 上記課題を解決するための第2の発明は、非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、該配向制御膜がNi-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1が4A族の元素、5A族の元素から選ばれるいずれか1種または2種以上、X2が3B族の元素、4B族の元素、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上であることを特徴とする磁気記録媒体である。

3) 上記課題を解決するための第3の発明は、配向制御膜が、NiTaC合金、NiNbC合金、NiTaP合金、NiTaPt合金から選ばれるいずれか1種であることを特徴とする1)または2)に記載の磁気記録媒体である。

4) 上記課題を解決するための第4の発明は、配向制御膜が、NiとTaとCを含む材料からなり、 $x\text{Ni}-y\text{Ta}-z\text{C}$ ($20\text{at}\% \leq x \leq 80\text{at}\%$, $15\text{at}\% \leq y \leq 75\text{at}\%$, $0.5\text{at}\% \leq z \leq 50\text{at}\%$) で表される組成であることを特徴とする1)乃至3)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体である。

5) 上記課題を解決するための第5の発明は、配向制御膜の厚さが、0.5nm～30nmであることを特徴とする1)乃至4)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体

である。

6) 上記課題を解決するための第6の発明は、垂直磁性膜の $\Delta H_c / H_c$ が0.3以下であることを特徴とする1)乃至5)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体である。

7) 上記課題を解決するための第7の発明は、垂直磁性膜がCrの含有量が14~24at%、Ptの含有量が14~24at%であるCoCrPtを主成分とする組成であり、磁気記録媒体の保磁力(H_c)が3000

(Oe)以上、逆磁区核形成磁界($-H_n$)が0(Oe)以上2500(Oe)以下、残留磁化(M_r)と飽和磁化(M_s)との比 M_r / M_s が0.9以上であることを特徴とする1)乃至6)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体である。

8) 上記課題を解決するための第8の発明は、垂直磁性膜が、その組成が0.1~5at%のBを含有し、垂直磁性膜の $\Delta \theta$ が2~10°の範囲であることを特徴とする1)乃至7)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体である。

9) 上記課題を解決するための第9の発明は、軟磁性下地膜の飽和磁束密度 B_s (T)と膜厚 t (nm)との積 $B_s \cdot t$ (T·nm)が40(T·nm)以上であることを特徴とする1)乃至8)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体である。

10) 上記課題を解決するための第10の発明は、配向制御膜と垂直磁性膜との間に、CoCr合金、CoCrX3合金、CoX3合金(X3:Pt、Ta、Zr、Ru、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれるいずれか1種または2種以上。)から選ばれるいずれか1種であり、Coの含有量は30~70at%である中間膜が形成されていることを特徴とする1)乃至9)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体である。

11) 上記課題を解決するための第11の発明は、中間膜の厚さが20nm以下であることを特徴とする10)に記載の磁気記録媒体である。

12) 上記課題を解決するための第12の発明は、非磁性基板と軟磁性下地膜の間に硬磁性材料からなる永久磁石膜が設けられていることを特徴とする1)乃至11)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体である。

13) 上記課題を解決するための第13の発明は、非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを順次形成する磁気記録媒体の製造方法において、配向制御膜を、Ni-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20~80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上であるターゲットを用いて

スパッター法にて形成することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法である。

14) 上記課題を解決するための第14の発明は、磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、1)乃至12)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録再生装置である。である。

【0014】以下、逆磁区核形成磁界について説明する。逆磁区核形成磁界($-H_n$)は、図2に示すように、VSMなどにより求めたMH曲線において、磁化が飽和した状態から外部磁界を減少させる過程で外部磁界が0となる点a、MH曲線の磁化が0である点BでのMH曲線の接線を延長した線と飽和磁化との交点を点cとすると、Y軸から点cまでの距離[Oe]で表すことができる。

【0015】なお、逆磁区核形成磁界($-H_n$)は、点cが外部磁界が負である領域にある場合に正の値を取り(図2に示した状態。)、逆に、点cが外部磁界が正である領域にある場合に負の値をとる(図3に示した状態。))。

【0016】図4をもとに、 $\Delta H_c / H_c$ について説明する。 ΔH_c は、MH曲線において、負の最大残留磁化($-M_s$)状態からのメジャー曲線の $M_s / 2$ における磁界強度と負の保磁力($-H_c$)状態からのマイナー曲線の $M_s / 2$ における磁界強度との差である。 $\Delta H_c / H_c$ は、上記 ΔH_c と H_c の比の値である。

【0017】また、各膜の膜厚は、例えばTEM(透過型電子顕微鏡)で観察することにより求めることができる。

【0018】本明細書中で主成分とは、その成分の含有率が50at%を越えるものを意味する。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態の一例を示すものである。ここに示されている磁気記録媒体は、非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、中間膜4と、垂直磁性膜5と、保護膜6と、潤滑膜7とが順次形成された構成となっている。

【0020】非磁性基板1としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板またはガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を挙げることができる。

【0021】ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム

ム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。

【0022】非磁性基板1としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法を用いてNiP膜、NiP合金膜が形成されたものを用いることもできる。

【0023】非磁性基板は、平均表面粗さRaが2nm(20Å)以下、好ましくは1nm以下であることがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から望ましい。

【0024】また、表面の微小うねり(Wa)が0.3nm以下(より好ましくは0.25[nm]以下。)であるものが、ヘッドを低浮上させた高記録密度の用途に適している点から好ましい。非磁性基板のチャンファ部、面取り部、側面部の少なくとも一方のいずれの表面平均粗さRaが10nm以下(より好ましくは9.5nm以下。)のものを用いることが磁気ヘッドの飛行安定性にとって好ましい。微小うねり(Wa)は、例えば、表面粗さ測定装置P-12(KLA-Tencor社製)を用い、測定範囲80μmでの表面平均粗さとして測定することができる。

【0025】軟磁性下地膜2は、磁気ヘッドから発生する磁束の基板に対する垂直方向成分を大きくするため、情報が記録される垂直磁性膜5の磁化の方向をより強固に基板1と垂直な方向に固定するために設けられているものである。この作用は特に記録再生用の磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用いる場合に、より顕著なものとなる。

【0026】上記軟磁性下地膜2は、軟磁性材料からなるもので、この材料としては、Fe、Ni、Coを含む材料を用いることができる。この材料としては、FeCo系合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa系合金(FeTa、FeTaC、FeTaNなど)、FeMg系合金(FeMgOなど)、FeZr系合金(FeZrNなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、FeB系合金などを挙げることができる。

【0027】またFeを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrN等の微結晶構造、あるいは微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニューラ構造を有する材料を用いてもよい。

【0028】軟磁性下地膜2の材料としては、上記のほか、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種を含有し、アモルファス構造を有するCo合金を用いることができる。

【0029】この材料としては、CoZr系合金、CoZrNb系合金、CoZrTa系合金、CoZrCr系合金、CoZrMo系合金などを好適なものとして挙げることができる。

【0030】軟磁性下地膜2の保磁力Hcは100(Oe)以下(より好ましくは20(Oe)以下)とするのが好ましい。

【0031】この保磁力Hcが上記範囲を超えると、軟磁気特性が不十分となり、記録再生時の再生信号波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。

【0032】軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsは、0.6T以上(より好ましくは1T以上)とするのが好ましい。このBsが上記範囲未満であると、再生信号波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。

【0033】また、軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bs(T)と軟磁性下地膜2の膜厚t(nm)との積Bs・t(T・nm)が40(T・nm)以上(より好ましくは60(T・nm)以上)であること好ましい。この範囲であるとエラーレートがより良好になる。この範囲であると熱揺らぎ耐性がより良好になる。このBs・tが上記範囲未満であると、再生信号波形が歪みをもつようになり、OW特性(オーバーライト特性)が悪化するため好ましくない。

【0034】軟磁性下地膜2の表面(配向制御膜3側の面)は、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的、あるいは完全に酸化されていることが好ましい。例えば、軟磁性下地膜2の表面(配向制御膜3側の面)およびその近傍に、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的に酸化されるか、もしくは前記材料の酸化物を形成して配されていることが好ましいこれにより、軟磁性下地膜2の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この磁気的な揺らぎに起因するノイズを低減して、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

【0035】また、これにより、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化して、記録再生特性を改善することができる。

【0036】この軟磁性下地膜2の表面の酸化された部分は、例えば軟磁性下地膜2を形成した後、酸素を含む雰囲気中に曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜する際のプロセス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性下地膜2の表面を酸素に曝す場合には、酸素ガス単体、あるいは酸素ガスをアルゴンや窒素などのガスで希釈したガス雰囲気中に0.3〜20秒程度保持しておけばよい。また、大気中に曝すこともできる。特に酸素ガスをアルゴンや窒素などのガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地膜2表面の酸化の度合いの調節が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性下

地膜2の成膜用のガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜時間の1部のみに酸素ガスを導入したプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンガスに酸素ガスを体積率で0.05%~50% (好ましくは0.1~20%) 程度混合したガスが好適に用いられる。

【0037】配向制御膜3は、直上の膜の結晶特性や結晶粒径を制御することにより、直上に設けられた中間膜4および/または垂直磁性膜5の配向性を制御するものである。

【0038】配向制御膜3に用いられる材料は、Ni-X1-X2で表されNiの含有量が20~80at%である合金である。Niの含有量が80at%を超えて含まれると、配向制御膜3が磁性を持つようになり、その結果、媒体ノイズが増加するため好ましくない。Niの含有量が20at%未満となると、エラーレート改善の効果がなくなるため好ましくない。

【0039】ここで、X1は周期律表における4A族、5A族のいずれかの元素である。例えば、X1としてはTa、Nb、Hf、ZrまたはTiのうちから選ばれる1種または2種以上を挙げることができる。これらを添加することにより、配向制御膜3は垂直磁性膜の配向性が向上するので、その結果、磁気記録媒体の記録再生特性の改善および/または熱揺らぎ耐性の向上が可能となるので好ましい。

【0040】ここで、X2は3B族、4B族のいずれかの元素、およびPtである。例えば、X2としてはB、C、P、Si、Ge、Ptのうちから選ばれる1種または2種以上の元素を挙げることができる。これらを添加することにより、配向制御膜3は垂直磁性膜内の結晶粒子が微細化するので、磁気記録媒体の記録再生特性が改善するので好ましい。

【0041】特に、配向制御膜がNiTaC合金、NiNbC合金、NiTaP合金、NiTaPt合金のいずれかであると磁性粒子(磁性結晶粒子ともいう。)がより微細化されるので、NiTa合金、NiNb合金を用いる場合より改善効果は大きいので好ましい。

【0042】さらに、配向制御膜がNiとTaとCを含む材料からなり、 $x\text{Ni}-y\text{Ta}-z\text{C}$ (20at% ≤ x ≤ 80at%、15at% ≤ y ≤ 75at%、0.5at% ≤ z ≤ 50at%) で表される組成であると磁性粒子がさらに微細化されるので、NiTa合金を用いる場合より改善効果は特に大きいので好ましい。

【0043】Cの含有量がこの範囲であると、その上に設けられた垂直磁性膜の磁化の垂直方向への配向性がより良好になるとともに、磁性粒子が微細化されるので、その結果、熱揺らぎ耐性および記録再生特性がより良好になるので好ましい。Cの含有量が0.5at%以上であるのが、記録再生特性の改善への効果が十分となり好

ましい。

【0044】Taの含有量がこの範囲であると、NiTaC上に設けられた中間膜の結晶性を悪化させることなく結晶粒が微細化されるので、その結果、記録再生特性がより良好になるので好ましい。Taの含有量が15at%以上であるのが、NiTaC合金下地膜が微細化した結晶構造となり好ましい。

【0045】NiNbC合金においても、Cの含有量は0.5at%以上50at%以下であることが好ましい。

【0046】NiTaP合金においては、Pの含有量は0.5at%以上40at%以下であることが好ましい。Pの含有量が40at%以下であると、その上に設けられた垂直磁性膜の結晶粒が微細化されるので、その結果、記録再生特性がより良好になるので好ましい。Pの含有量が0.5at%以上であるのが、記録再生特性の改善への効果が十分となり好ましい。

【0047】NiTaPt合金においては、Ptの含有量は0.5at%以上30at%以下であることが好ましい。Ptの含有量が30at%であると、その上に設けられた垂直磁性膜の配向性が向上し、熱揺らぎ耐性が良好になるので好ましい。Ptの含有量が0.5at%以上であるのが、熱揺らぎ耐性の改善への効果が十分となり好ましい。

【0048】本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御膜3の厚さを0.5~30nm (より好ましくは1~10nm。) とするのが好ましい。配向制御膜3の厚さが上記の範囲であるとき、垂直磁性膜5の磁化の垂直方向への配向性が特に良好になり、かつ記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離を小さくすることができるので、その結果、再生信号の分解能を低下させることがないので記録再生特性を高めることができるからである。

【0049】この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜5における磁化の垂直方向への配向性が低下し、記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化しやすくなる。

【0050】また、この厚さが上記範囲を超えると、垂直磁性膜5の垂直配向性が低下し、記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。また記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため、その結果、再生信号の分解能や再生出力の低下が起こるため好ましくない。

【0051】配向制御膜3の表面形状は、その上に形成される垂直磁性膜5、保護膜6の表面形状に影響を与える。そのため、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくして記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを低くすることが求められている高記録密度に好適に用いるためには、配向制御膜3の表面平均粗さRaを2nm以下とするのが好ましい。

【0052】この表面平均粗さRaを2nm以下とする

ことによって、磁気記録媒体の表面凹凸が小さくなるので、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くすることが可能になり、記録密度を高めることができる。

【0053】配向制御膜3は、その上に設けられる垂直磁性膜を微細化する目的で、成膜用のガスとして酸素や窒素を含んだプロセスガスを用いて成膜したものが好ましい。例えば、スパッタ法を用いて形成されたものである場合は、プロセスガスとして、アルゴンに酸素を体積率で0.05~5.0%（好ましくは0.1~2.0%。）程度混合したガス、アルゴンに窒素を体積率で0.01~2.0%（好ましくは0.02~1.0%。）程度混合したガスを用いて形成したものが好ましい。

【0054】配向制御膜3と垂直磁性膜5との間に、中間膜4を設けることができる。中間膜4にはhcp構造を有する材料を用いるのが好ましい。中間膜4には、CoCr合金やCoCrX3合金やCoX3合金（X3：Pt、Ta、Zr、Ru、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれるいずれか1種または2種以上。）を用いるのが好適である。

【0055】中間膜4のCoの含有量は30~70at%であることが好ましい。

【0056】中間膜4の厚さは、垂直磁性膜5における磁性粒子の粗大化による記録再生特性の悪化や、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなることによる記録分解能の低下を起こさないようにするために、20nm以下（より好ましくは10nm以下。）とするのが好ましい。

【0057】中間膜4を設けることによって、垂直磁性膜5の配向性を高めることができるので、垂直磁性膜5の保磁力を高め、記録再生特性および熱揺らぎ耐性をさらに向上させることができる。

【0058】垂直磁性膜5は、その磁化容易軸が基板に対して主に垂直方向に向いたものであり、少なくとも1層以上が、少なくともCo、Cr、Ptを含んだ材料からなり、Crの含有量が14~24at%（より好ましくは16~22at%。）、Ptの含有量が14~24at%（より好ましくは15~20at%。）であることが好ましい。磁化容易軸が基板に対して主に垂直方向に向いたものとは垂直方向の保磁力 $H_c(P)$ と面内方向の保磁力 $H_c(L)$ とが、 $H_c(P) > H_c(L)$ の関係の有している垂直磁性膜のことである。

【0059】さらに、Bを0.1以上5at%以下添加することが好ましい。これにより、磁性粒子間の交換結合を低減することができ、記録再生特性を改善することが可能となる。

【0060】Crの含有量が14at%未満であると、磁性粒子間の交換結合が大きくなり、その結果磁気クラスター径が大きくなり、ノイズが増大するため好ましくない。また、Crの含有量が24at%を超えると、保

磁力および残留磁化(Ms)と飽和磁化(Mr)の比 Mr/Ms の値が小さくなるため好ましくない。

【0061】Ptの含有量が14at%未満であると、記録再生特性の改善効果が不十分であるとともに、残留磁化(Ms)と飽和磁化(Mr)の比 Mr/Ms の値が小さくなり、その結果熱揺らぎ耐性が悪化するため好ましくない。また、Ptの含有量が24at%を超えると、ノイズが増大するため好ましくない。

【0062】CoCrPt系合金においては、B以外にも任意の元素を添加することも可能である。特に限定されるものではないが、Ta、Mo、Nb、Hf、Ir、Cu、Ru、Nd、Zr、W、Ndなどを挙げることができる。

【0063】垂直磁性膜5に使われる磁性材料としては、CoCrPtB系合金、CoCrPtTa系合金、CoCrPtTaCu系合金、CoCrPtBCu系合金、CoCrPtTaNd系合金、CoCrPtBND系合金、CoCrPtBW系合金、CoCrPtBMo系合金、CoCrPtBRu系合金、CoCrPtTaW系合金、CoCrPtTaMo系合金、CoCrPtTaRu系合金、CoCrPtNd系合金、CoCrPtW系合金、CoCrPtMo系合金、CoCrPtRu系合金、CoCrPtCu系合金から選ばれるのが特に好ましい。

【0064】垂直磁性膜5に使われる磁性材料としてB、Ta、Cuから選ばれる1種類以上の元素を含む材料を使う場合、それらの合計含有量が0.5~8at%であることが好ましい。これら元素は、Cr偏析を促進し、磁性粒子の磁気的な孤立化を促す作用を有しているが、0.5at%未満では添加したことによる効果が得られず、8at%を超えて過剰に添加した場合、磁性粒子内に残留し、磁性粒子の結晶配向性を乱してしまう。そのため、保磁力および逆磁区核形成磁界を減少させてしまうため好ましくない。

【0065】垂直磁性膜5に使われる磁性材料としてNd、W、Mo、Ruから選ばれる1種類以上の元素を含む材料を使う場合、それらの合計含有量が0.5~15at%であることが好ましい。これら元素は、保磁力および逆磁区核形成磁界を大きくする作用を有するが、0.5at%未満では添加したことによる効果が得られず、15at%を超えて過剰に添加した場合、磁性粒子内に残留し、磁気異方性定数(Ku)の低下を生じさせたり、磁性粒子の結晶配向性を乱してしまう。そのため、反対に保磁力および逆磁区核形成磁界を減少させてしまうため好ましくない。

【0066】また、このほかにも、垂直磁性膜には、Zr、Nb、Re、V、Ni、Mn、Ge、Si、O、Nなどから選ばれる少なくとも1種類以上の元素を添加した合金を用いることもできる。

【0067】垂直磁性膜5は、CoCrPt系材料から

なる1層構造とすることもできるし、組成の異なる材料からなる2層以上の構造とすることもできる。

【0068】また、Co系合金（CoCr、CoB、Co—SiO₂等）とPd系合金（PdB、Pd—SiO₂等）とを用いた多層構造やCoTbやCoNd等のアモルファス材料とCoCrPt系材料とを用いた多層構造とすることもできる。

【0069】例えば、CoCrPt系材料を第1垂直磁性膜として設け、その上に組成の異なるCoCrPt系材料を第2垂直磁性膜とすることができる。

【0070】また、CoCrPt系材料を第1垂直磁性膜として設け、その上にCoNdを第2垂直磁性膜として設けることができる。

【0071】垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ が $2\sim 10^\circ$ の範囲であることが好ましい。この $\Delta\theta_{50}$ は、 2° 未満であると、磁性粒子間の交換結合が大きくなり、記録再生特性が劣化するため好ましくない。 $\Delta\theta_{50}$ が 10° を超えると、残留磁化（ M_s ）と飽和磁化（ M_r ）の比 M_r/M_s が悪化し、熱揺らぎ耐性が悪化するため好ましくない。

【0072】ここでいう $\Delta\theta_{50}$ とは、当該膜の結晶面の傾き分布を示すものであり、具体的には、膜表面における特定の配向面に関するロッキング曲線のピークの半値幅をいう。 $\Delta\theta_{50}$ は、数値が小さいほど当該膜の結晶配向性が高いといえることができる。以下、 $\Delta\theta_{50}$ を測定する方法の一例を説明する。

【0073】（1）ピーク位置決定

図5に示すように、表面側に垂直磁性膜5が形成されたディスクDに、入射X線21を照射し、回折X線22を回折X線検出器23によって検出する。

【0074】検出器23の位置は、この検出器23によって検出される回折X線22の入射X線21に対する角度（入射X線21の延長線24に対する回折X線22の角度）が、入射X線21のディスクD表面に対する入射角 θ の2倍、すなわち 2θ となるように設定する。入射X線21を照射する際には、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21の入射角 θ を変化させるとともに、これに連動させて、検出器23の位置を、回折X線22の入射X線21に対する角度が 2θ （すなわち入射X線21の入射角 θ の2倍の角度）を維持するよう40 に変化させつつ、回折X線22の強度を検出器23により測定する $\theta-2\theta$ スキャン法を行う。

【0075】これによって、 θ と回折X線22の強度との関係を調べ、回折X線22の強度が最大となるような検出器23の位置を決定する。この検出器位置における回折X線22の入射X線21に対する角度 2θ を、 $2\theta_p$ という。得られた角度 $2\theta_p$ より、膜表面において支配的な結晶面を知ることができる。

【0076】（2）ロッキング曲線の決定

図6に示すように、検出器23を、回折X線22の角度

2θ が $2\theta_p$ となった位置に固定した状態で、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21の入射角 θ を変化させ、入射角 θ と、検出器23によって検出された回折X線22の強度との関係を示すロッキング曲線を作成する。検出器23の位置を、回折X線22の角度 2θ が $2\theta_p$ となった位置に固定するため、ロッキング曲線は、膜表面の結晶面のディスクD面に対する傾きの分布を表すものとなる。図7は、ロッキング曲線の例を示すものである。 $\Delta\theta_{50}$ とは、このロッキング曲線において当該配向面を示すピークの半値幅をいう。

【0077】垂直磁性膜5の厚さは、 $7\sim 60\text{ nm}$ （より好ましくは $10\sim 40\text{ nm}$ 。）とするのが好ましい。垂直磁性膜5の厚さが 7 nm 以上であると、十分な磁束が得らるので、再生時における出力が低くなることなく、出力波形がノイズ成分にうずもれてしまうことがないので、より高記録密度に適した磁気記録再生装置として動作するので好ましい。また、垂直磁性膜5の厚さが 60 nm 以下であると、垂直磁性膜5内の磁性粒子の粗大化を抑えることができ、ノイズの増大といった記録再生特性の劣化が生じるおそれがないため好ましい。

【0078】垂直磁性膜5の保磁力は、 3000 (Oe) 以上とすることが好ましい。保磁力が 3000 (Oe) 未満であると、記録再生特性の一つである分解能において高記録密度に求められている十分な特性が得られず、あるいは熱揺らぎ耐性が劣るため好ましくない。

【0079】垂直磁性膜5の残留磁化（ M_s ）と飽和磁化（ M_r ）の比 M_r/M_s が 0.9 以上であることが好ましい。 M_r/M_s が 0.9 未満の磁気記録媒体は、熱揺らぎ耐性が劣るため好ましくない。

30 【0080】垂直磁性膜5の逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）は、 0 以上 2500 (Oe) 以下（より好ましくは 1000 (Oe) 以下。）であることが好ましい。逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）が、 0 未満の磁気記録媒体は、熱揺らぎ耐性に劣るため好ましくない。また、逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）の上限は、 2500 (Oe) とされている。それ以上の逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を得ようとすると、磁性粒子の磁気的な分離が不充分となり、活性化磁気モーメント（ $vI_s b$ ）が増大し、結果として記録再生時におけるノイズが増加するといったことがことおきやすくなるため好ましくない。

【0081】垂直磁性膜5は、結晶粒子の平均粒径が $5\sim 15\text{ nm}$ であることが好ましい。この平均粒径は、例えば垂直磁性膜5の結晶粒子をTEM（透過型電子顕微鏡）で観察し、観察像を画像処理することにより求めることができる。

【0082】垂直磁性膜5の $\Delta H_c/H_c$ は 0.3 以下（より好ましくは 0.25 以下。）であることが好ましい。 $\Delta H_c/H_c$ が 0.3 以下であると、磁性粒子の粒径のばらつきが小さくなるので、垂直磁性膜の垂直方向保磁力の面内での分布がより均一となるので、記録再生

特性および熱揺らぎ耐性が悪化することを抑えることができるので好ましい。

【0083】保護膜6は垂直磁性膜5の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぐためのもので、従来公知の材料を使用できる。例えばC、SiO₂、ZrO₂を含むものが使用可能である。

【0084】保護層6の厚さは、1～10nmとするのがヘッドと媒体の距離を小さくできるので高記録密度の点から望ましい。

【0085】潤滑膜7には従来公知の材料、例えばパーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸などを用いるのが好ましい。

【0086】本形態の磁気記録媒体にあつては、配向制御膜がNi-X1-X2で表され、Niの含有率が20～80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上である合金からなる磁気記録媒体であるので、より高記録密度で使用した時の記録再生特性が向上（例えば、ノイズの低減）しおよび／または熱揺らぎ耐性が向上しているので、高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録媒体となる。

【0087】熱揺らぎ耐性とは、熱揺らぎが起こりにくい特性のことを意味する。熱揺らぎとは、記録ビットが不安定となり記録したデータの熱消失が起こる現象をいい、磁気記録媒体装置においては、記録したデータの再生出力の経時的な減衰として現れる。

【0088】図8は、本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態の一例を示すものである。非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、磁化容易軸が主に面内方向を向いた永久磁石膜8を設けた例である。

【0089】永久磁石膜8にはCoSm合金や、CoCrPtX4合金（X4：Pt、Ta、Zr、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれるいずれか1種または2種以上。）を用いるのが好適である。

【0090】永久磁石膜8は、保磁力H_cが500（Oe）以上（好ましくは1000（Oe）以上）であることが好ましい。

【0091】永久磁石膜8の厚さは、150nm以下（好ましくは70nm以下）であることが好ましい。永久磁石膜8の厚さが150nmを超えると、配向制御膜3の表面平均粗さR_aが大きくなるため好ましくない。

【0092】永久磁石膜8は、軟磁性下地膜2と交換結合しており、磁化方向が基板半径方向に向けられた構成とするのが好ましい。

【0093】永久磁石膜8を設けることにより、より効果的に軟磁性下地膜2に時壁で囲まれた巨大な磁区が形成されることを抑えることができるので、磁壁に起因す

るスパイクノイズの発生を防止して、記録再生時のエラーレートをより良好にすることができる。

【0094】永久磁石膜8の配向を制御するために、非磁性基板1と永久磁石膜8との間にCr合金材料やB2構造材料からなる膜を設けてもよい。

【0095】上記の実施形態の磁気記録媒体の製造方法の一例を説明する。以上の構成の磁気記録媒体を製造するには、非磁性基板1上にスパッタ法などにより、軟磁性下地膜2を形成し、その後必要に応じてこの軟磁性下地膜2の表面を酸化処理を施し、次いで配向制御膜3、中間膜4、垂直磁性膜5をスパッタ法などにより形成し、次いで保護膜6をCVD法、イオンビーム法、スパッタ法などにより形成する。次いで、ディッピング法、スピンコート法などにより潤滑膜7を形成する。

【0096】なお、上記磁気記録媒体の製造方法において、好ましくは基板1と軟磁性下地膜2との間に永久磁石膜8を形成する工程を含ませることもできる。

【0097】以下工程ごとに説明する。必要に応じて非磁性基板を洗浄して、基板を成膜装置のチャンバ内に設置する。必要に応じて基板は、例えばヒータより100～400℃に加熱される。非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、中間膜4と、垂直磁性膜5を各膜の材料と同じ組成の材料を原料とするスパッタターゲットを用いてDC或いはRFマグネトロンスパッタ法により形成する。膜を形成するためのスパッタの条件は例えば次のようにする。形成に用いるチャンバ内は真空度が10⁻⁶～10⁻⁷Paとなるまで排気する。チャンバ内に基板を收容して、スパッタガスとして、たとえばArガスを導入して放電させてスパッタ成膜をおこなう。このとき、供給するパワーは0.2～5kWとし、放電時間と供給するパワーを調節することによって、所望の膜厚を得ることができる。

【0098】軟磁性下地膜2を放電時間と供給するパワーを調節することによって50～400nmの膜厚で形成するのが好ましい。

【0099】軟磁性下地膜2を形成する際には、軟磁性材料からなるスパッタターゲットを用いるのが軟磁性下地膜を容易に形成できるので好ましい。軟磁性材料としては、FeCo系合金（FeCo、FeCoVなど）、FeNi系合金（FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど）、FeAl系合金（FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど）、FeCr系合金（FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど）、FeTa系合金（FeTa、FeTaC、FeTa₂Nなど）、FeMg系合金（FeMgOなど）、FeZr系合金（FeZrNなど）、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNB系合金、FeHf系合金、FeB系合金、Feを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTa₂N、FeZrNを挙げることがで

きる。さらに、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種を含有し、アモルファス構造を有している、CoZr系合金、CoZrNb系合金、CoZrTa系合金、CoZrCr系合金、CoZrMo系合金を好適なものとして挙げることができる。

【0100】上記のターゲットは溶製法による合金ターゲットまたは焼結合金ターゲットである。

【0101】軟磁性下地膜2を形成した後、その表面を酸化する工程を含ませるのが好ましい。例えば軟磁性下地膜2を形成した後、酸素を含む雰囲気中に曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜する際のプロセス中に酸素を導入する方法を挙げることができる。

【0102】軟磁性下地膜2を形成後、配向制御膜を、放電時間と供給するパワーを調節することによって、5～30nm（より好ましくは1～10nm）の膜厚で形成する。

【0103】配向制御膜を形成する際には、配向制御膜の材料からなるスパッタターゲットを用いるのが配向制御膜を容易に形成できるので好ましい。配向制御膜の形成に用いるスパッタ用ターゲットの材料は、Ni-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上である合金である。

【0104】配向制御膜の形成に用いるスパッタ用ターゲットの材料は、NiTaC合金、NiNbC合金、NiTaP合金、NiTaPt合金から選ばれるいずれか1種であることが好ましい。

【0105】配向制御膜の形成に用いるスパッタ用ターゲットの材料は、NiとTaとCを含む材料からなり、 $x\text{Ni}-y\text{Ta}-z\text{C}$ （ $20\text{at}\% \leq x \leq 80\text{at}\%$ 、 $15\text{at}\% \leq y \leq 75\text{at}\%$ 、 $0.5\text{at}\% \leq z \leq 50\text{at}\%$ ）で表される組成であることが好ましい。

【0106】配向制御膜3の成膜用のガスに、その上に設けられる垂直磁性膜を微細化する目的で、酸素や窒素を導入してもよい。例えば、成膜法としてスパッタ法を用いるならば、プロセスガスとしては、アルゴンに酸素を体積率で0.05～50%（好ましくは0.1～20%）程度混合したガス、アルゴンに窒素を体積率で0.01～20%（好ましくは0.02～10%）程度混合したガスが好適に用いられる。

【0107】配向制御膜を形成した後、垂直磁性膜5を成膜する。垂直磁性膜を形成する際には、垂直磁性膜の材料からなるスパッタターゲットを用いるのが垂直磁性膜を容易に形成できるので好ましい。

【0108】スパッタターゲットの材料は、Crの含有量が14～24at%、Ptの含有量が14～24at%であるCoCrPtを主成分とする組成とすることが

できる。

【0109】例えば、Co20Cr16Pt4B（Cr含有率20at%、Pt含有率16at%、B含有率4at%）やCo18Cr20Pt4Cu（Cr含有率18at%、Pt含有率20at%、Cu含有率4at%）、Co19Cr12Pt6Ta2Mo（Cr含有率19at%、Pt含有率12at%、Ta含有率6at%、Mo含有率2at%）、Co18Cr20Pt2Cu2Ru（Cr含有率18at%、Pt含有率20at%、Cu含有率2at%、Ru含有率2at%）の他、CoCrPtB系合金、CoCrPtTa系合金、CoCrPtTaCu系合金、CoCrPtBCu系合金、CoCrPtTaNd系合金、CoCrPtBNd系合金、CoCrPtBW系合金、CoCrPtBMo系合金、CoCrPtBRu系合金材料を挙げることができる。

【0110】軟磁性下地膜の配向制御膜と垂直磁性層との間に中間膜を設ける場合は、CoCr合金（Crの含有量は25～45at%）を原料としたスパッタターゲットを用いるのが好ましい。CoCr合金としては、CoCr合金やCoCrX5合金やCoX5合金（X5：Pt、Ta、Zr、Ru、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれるいずれ1種または2種以上。）を挙げることができる。このとき、垂直磁性層にBを含む場合には、軟磁性下地膜と垂直磁性層との境界付近において、B濃度が1at%以上の領域におけるCr濃度が40at%以下となるようなスパッタ条件で成膜するのが好ましい。

【0111】垂直磁性層を形成した後、公知の方法、例えばスパッタ法、プラズマCVD法またはそれらの組み合わせを用いて保護膜、たとえばカーボンの主成分とする保護膜を形成する。

【0112】さらに、保護膜上には必要に応じパーフルオロポリエーテルのフッ素系潤滑剤をディップ法、スピンコート法などを用いて塗布し潤滑膜を形成する。

【0113】本発明に従って製造した磁気記録媒体は、配向制御膜がNi-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上である磁気記録媒体であるので、より高記録密度で使用した時の記録再生特性が向上（例えば、ノイズの低減）しおよび／または熱減磁耐性が向上しているため、高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録媒体となる。

【0114】図9は、上記磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置の例を示すものである。ここに示す磁気記録再生装置は、磁気記録媒体10と、磁気記録媒体10を回転駆動させる媒体駆動部11と、磁気記録媒体10に情報を記録再生する磁気ヘッド12と、ヘッド駆動部1

3と、記録再生信号処理系14とを備えている。記録再生信号処理系14は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド12に送ったり、磁気ヘッド12からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。

【0115】磁気ヘッド12としては、垂直記録用の単磁極ヘッドを例示することができる。図9(b)に示すように、この単磁極ヘッドとしては、種磁極12aと、補助磁極12bと、これら連結部12cに設けられたコイル12dとを有する構成のものを好適に用いることができる。

【0116】上記磁気記録再生装置によれば、上記磁気記録媒体9を用いるので、熱揺らぎ耐性および／または記録再生特性を高めることができる。従って、本発明の磁気記録再生装置によれば、熱揺らぎによるデータ消失などのトラブルを未然に防ぐとともに、高記録密度化を図ることができる。

【0117】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。ただし、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

（実施例1）洗浄済みのガラス基板（オハラ社製、外径2.5インチ）をDCマグネトロンスパッタ装置（アネルバ社製C-3010）の成膜チャンバ内に收容して、到達真空度 1×10^{-6} Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に89Co-4Zr-7Nb（Co含有量89at%、Zr含有量4at%、Nb含有量7at%）のターゲットを用いて100℃以下の基板温度で200nmの軟磁性下地膜2をスパッタ法により成膜した。この膜の飽和磁束密度 B_s

(T)と膜厚 t (nm)の積 $B_s \cdot t$ (T・nm)が240(T・nm)であることを振動式磁気特性測定装置(VSM)で確認した。

【0118】次いで、基板を240℃に加熱して、上記軟磁性下地膜上に、60Ni-35Ta-5Cターゲットを用いて10nmの配向制御膜3を形成し、65Co-30Cr-5B（Co含有量65at%、Cr含有量30at%、B含有量5at%）ターゲットを用いて5

nmの中間膜4、64Co-17Cr-17Pt-2B（Co含有量64at%、Cr含有量17at%、Pt含有量17at%、B含有量2at%）ターゲットを用いて20nmの垂直磁性膜5を順次形成した。なお、上記スパッタリング工程においては、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、圧力0.5Paにて成膜した。

【0119】次いで、CVD法により5nmの保護膜6を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜7を形成し、磁気記録媒体を得た。この内容を表1に示す。

【0120】（比較例1～5）配向制御膜3の成膜において、65Ni-35Taターゲット（比較例1）、60Ru-40Coターゲット（比較例2）、Cターゲット（比較例3）、10Ni-70Ta-20Cターゲット（比較例4）、85Ni-10Ta-5Cターゲット（比較例5）を用いた以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。この内容を表1に示す。

【0121】（実施例2～17）表1に示したように配向制御膜3の組成と厚さを変えた以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。これら実施例および比較例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。記録再生特性の評価は、米国G U Z I K社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピンスタンドS1701MPを用いて測定した。記録再生特性の評価には、書き込みをシングルポール磁極、再生部にGMR素子を用いたヘッドを用いて、記録周波数条件を記録密度520kFCIとして測定した。

【0122】熱揺らぎ特性（熱揺らぎ耐性、熱減磁）の評価は、70℃の条件下で記録密度50kFCIにて書き込みをおこなった後、書き込み後1秒後の再生出力に対する出力の減衰率を $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$ に基づいて算出した。この式において、 S_0 は磁気記録媒体に書き込み後1秒経過時の再生出力を示し、 S は1000秒後の再生出力を示す。これらの評価結果を表1に示す。

【0123】

【表1】

	軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜		垂直磁性膜		記録再生特性		熱揺らぎ特性		静磁気特性		
	合金種	B _{ext} (T·nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	エラーレート (10 ^x)	(%/decade)	H _c (Oe)	Mr/Ms	-H _n (Oe)	ΔH _c /H _c	Δθ ₅₀ (°)
実施例1	CoZrNb	240	60Ni-35Ta-5C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.7	-0.7	4255	1	500	0.24	5.1
実施例2	CoZrNb	240	50Ni-23Ta-27C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.3	-0.8	4090	0.99	300	0.29	8.2
実施例3	CoZrNb	240	60Ni-39.3Ta-0.7C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.4	-0.7	4308	1	500	0.22	
実施例4	CoZrNb	240	25Ni-65Ta-10C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.5	-0.8	4190	1	400	0.25	
実施例5	CoZrNb	240	78Ni-20Ta-2C	8	(*)1	5	(*)2	20	-6.7	-0.7	4310	1	500	0.25	
実施例6	CoZrNb	240	70Ni-17Ta-13C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.3	-0.9	4110	1	250	0.27	
実施例7	CoZrNb	240	22Ni-73Ta-5C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.2	-0.7	4175	1	400	0.24	
実施例8	CoZrNb	240	60Ni-35Nb-5C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.6	-0.7	4390	1	450	0.22	
実施例9	CoZrNb	240	60Ni-30Ta-10P	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.7	-0.9	4085	1	400	0.25	6.7
実施例10	CoZrNb	240	55Ni-35Ta-10Si	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.2	-0.8	3790	0.98	250	0.28	6.1
実施例11	CoZrNb	240	55Ni-35Ta-10Ge	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.3	-0.8	3980	0.98	300	0.22	5.9
実施例12	CoZrNb	240	60Ni-35Ta-5Pt	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.4	-0.6	4290	1	400	0.24	5.2
実施例13	CoZrNb	240	60Ni-35Zr-5C	8	(*)1	5	(*)2	20	-5.3	-0.9	4175	1	450	0.26	
実施例14	CoZrNb	240	60Ni-35Ta-5C	1	(*)1	5	(*)2	20	-5.4	-0.9	3990	0.98	400	0.29	
実施例15	CoZrNb	240	60Ni-35Ta-5C	18	(*)1	5	(*)2	20	-5.5	-0.8	4225	1	400	0.25	
実施例16	CoZrNb	240	60Ni-35Ta-5C	28	(*)1	5	(*)2	20	-5.3	-0.9	4190	1	350	0.27	
実施例17	CoZrNb	240	60Ni-35Ta-5C	50	(*)1	5	(*)2	20	-5.1	-0.9	3880	0.97	250	0.27	
比較例1	CoZrNb	240	65Ni-35Ta	8	(*)1	5	(*)2	20	-4.9	-0.9	4250	1	400	0.23	5.3
比較例2	CoZrNb	240	60Ru-40Co	10	(*)1	5	(*)2	20	-3.2	-1.7	3955	0.91	マイナス値	0.44	13.1
比較例3	CoZrNb	240	C	10	(*)1	5	(*)2	20	-2.1	-2.7	3590	0.77	マイナス値	0.55	12.4
比較例4	CoZrNb	240	10Ni-70Ta-20C	8	(*)1	5	(*)2	20	-4.4	-1.1	3760	0.91	100	0.35	
比較例5	CoZrNb	240	85Ni-10Ta-5C	8	(*)1	5	(*)2	20	-3.9	-1.1	3300	0.81	マイナス値	0.37	

(*)1. 中間膜の組成は、65Co-30Cr-5B とした。

(*)2. 垂直磁性膜の組成は、64Co-17Cr-17Pt-2B とした。

【0124】表1より、配向制御膜3がxNi-X1-X2 (20at% ≤ x ≤ 80at%。X1=Ta、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれたいずれか1種または2種以上。X2=B、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれたいずれか1種または2種以上。) からなる合金である実施例は優れた記録再生特性を示した。

【0125】表1より、配向制御膜3がxNi-X1-X2 (20at% ≤ x ≤ 80at%。X1=4A族の元素、5A族の元素から選ばれたいずれか1種または2種以上。X2=3B族の元素、4B族の元素、Ptから選ばれたいずれか1種または2種以上。) からなる合金である実施例は優れた記録再生特性を示した。

【0126】配向制御膜3がNiTaC合金、NiNbC合金、NiTaP合金、NiTaPt合金から選ばれ

たいずれかの合金である実施例はより優れた記録再生特性を示した。

【0127】配向制御膜3がxNi-yTa-zC (20at% ≤ x ≤ 80at%、15at% ≤ y ≤ 75at%、0.5at% ≤ z ≤ 30at%。) からなる合金である実施例はより優れた記録再生特性を示した。

【0128】(実施例18~23) 垂直磁性膜5を表2に示すとおりの他、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。これらの実施例および比較例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。評価結果を表2に示す。

【0129】

【表2】

	軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜		垂直磁性膜		記録再生特性		熱揺らぎ特性		静磁気特性		
	合金種	B _{ext} (T·nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	エラーレート (10 ^x)	(%/decade)	H _c (Oe)	Mr/Ms	-H _n (Oe)		
実施例1	CoZrNb	240	(*)3	8	(*)4	5	64Co-17Cr-17Pt-2B	20	-5.7	-0.7	4255	1	500		
実施例18	CoZrNb	240	(*)3	8	(*)4	5	66Co-15Cr-17Pt-2B	20	-5	-0.4	4165	1	700		
実施例19	CoZrNb	240	(*)3	8	(*)4	5	59Co-24Cr-17Pt	20	-5.4	-0.9	3995	0.99	100		
実施例20	CoZrNb	240	(*)3	8	(*)4	5	67Co-19Cr-14Pt	20	-5.1	-0.9	4050	0.96	50		
実施例21	CoZrNb	240	(*)3	8	(*)4	5	58Co-19Cr-23Pt	20	-5	-0.8	3900	1	450		
実施例22	CoZrNb	240	(*)3	8	(*)4	5	65Co-17Cr-17Pt-1Ir	20	-5.2	-0.7	4100	1	500		
実施例23	CoZrNb	240	(*)3	8	(*)4	5	64Co-17Cr-17Pt-2W	20	-5.6	-0.5	4510	1	750		

(*)3. 配向制御膜の組成は、60Ni-35Ta-5C とした。

(*)4. 中間膜の組成は、65Co-30Cr-5B とした。

【0130】表2より、Crの含有量が14~26at%、Ptの含有量が14~24at%である磁気記録媒体は、優れた磁気特性を示すことが分かる。保磁力(H₅₀

c) が3000(Oe)以上、逆磁区核形成磁界(-H_n)が0(Oe)以上2500(Oe)以下、残留磁化(M_r)と飽和磁化(M_s)との比M_r/M_sが0.8

5以上である実施例は優れた磁気特性を示すことが分かる。

【0131】（実施例24～30）軟磁性下地膜2の組成を表3に示すとおりとした以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。これらの実施例の磁気記録媒

体について、記録再生特性を評価した。評価結果を表3に示す。

【0132】

【表3】

	軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜		垂直磁性膜		記録再生特性 エラーレート (10x)	熱揺らぎ特性 (%/decade)	静磁気特性		
	合金種	Bsxt (T·nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)			Hc (Oe)	Mr/Ms	-Hn (Oe)
実施例1	CoZrNb	240	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-5.7	-0.7	4255	1	500
実施例24	CoTaZr	240	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-5.5	-0.7	4300	1	450
実施例25	FeAlSi	240	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-4.6	-0.6	4275	1	500
実施例26	FeTaC	240	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-5.3	-0.7	4190	1	400
実施例27	FeAlO	240	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-5.7	-0.7	4390	1	450
実施例28	CoZrNb	5	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-4.2	-0.8	4285	1	400
実施例29	CoZrNb	50	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-4.5	-0.7	4195	1	400
実施例30	CoZrNb	400	(*5)	8	(*6)	5	(*7)	20	-5.7	-0.6	4345	1	500

(*5) 配向制御膜の組成は、60Ni-35Ta-5C とした。

(*6) 中間膜の組成は、65Co-30Cr-5B とした。

(*7) 垂直磁性膜の組成は、64Co-17Cr-17Pt-2B とした。

【0133】表3より、軟磁性下地膜2を設けることにより、優れた記録再生特性を得ることができたことが分かる。

【0134】（実施例31～37）中間膜4の材料およびその厚さを表4に示すとおりとした以外は、実施例1

に準じて磁気記録媒体を作製した。これらの実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。評価結果を表4に示す。

【0135】

【表4】

	軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜		垂直磁性膜		記録再生特性 エラーレート (10x)	熱揺らぎ特性 (%/decade)	静磁気特性		
	合金種	Bsxt (T·nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)			Hc (Oe)	Mr/Ms	-Hn (Oe)
実施例1	CoZrNb	240	(*8)	8	65Co-30Cr-5B	5	(*9)	20	-5.7	-0.7	4255	1	500
実施例31	CoZrNb	240	(*8)	8	65Co-30Cr-5Pt	5	(*9)	20	-5.5	-0.6	4220	1	450
実施例32	CoZrNb	240	(*8)	8	54Co-28Cr-10Pt-8B	5	(*9)	20	-5.7	-0.6	4355	1	450
実施例33	CoZrNb	240	(*8)	8	60Co-40Ru	5	(*9)	20	-5.4	-0.8	4145	1	200
実施例34	CoZrNb	240	(*8)	8	55Co-45B	5	(*9)	20	-5.8	-0.9	4490	1	250
実施例35	CoZrNb	240	(*8)	8	—	—	(*9)	20	-5.2	-0.9	3995	0.96	150
実施例36	CoZrNb	240	(*8)	8	65Co-30Cr-5B	15	(*9)	20	-5.6	-0.5	4420	0.99	350
実施例37	CoZrNb	240	(*8)	8	65Co-30Cr-5B	40	(*9)	20	-5	-0.8	4135	0.95	100

(*8) 配向制御膜の組成は、60Ni-35Ta-5C とした。

(*9) 垂直磁性膜の組成は、64Co-17Cr-17Pt-2B とした。

【0136】表4より、優れた記録再生特性が得られたことが分かる。

【0137】（実施例38～40）非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に永久磁石膜8を表5に示すとおり設けた以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製し

た。これらの実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。評価結果を表5に示す。

【0138】

【表5】

	永久磁石膜		軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜		垂直磁性膜		記録再生特性		熱揺らぎ特性		静磁気特性			λ ² /クイ ² ス ² 発生状況
	組成 (at%)	厚さ (nm)	合金種	B _{ext} (T·nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	エラーレート (10 ^x)	(%/decade)	H ₀ (Oe)	Mr/Ms	-H _N (Oe)			
実施例1	—	—	CoZrNb	240	(※10)	8	(※11)	6	(※12)	20	-5.7	-0.7	4255	1	500	外周少し有り		
実施例38	84Co-20Cr-14Pt-2B	50	CoZrNb	240	(※10)	8	(※11)	6	(※12)	20	-5.6	-0.7	4266	1	460	無し		
実施例39	84Co-20Cr-14Pt-2B	150	CoZrNb	240	(※10)	8	(※11)	6	(※12)	20	-5.6	-0.7	4266	1	500	無し		
実施例40	84Co-18Sm	50	CoZrNb	240	(※10)	8	(※11)	5	(※12)	20	-5.7	-0.6	4176	1	500	無し		

(*10) 配向制御膜の組成は、60Ni-35Ta-5C とした。

(*11) 中間膜の組成は、65Co-30Cr-5B とした。

(*12) 垂直磁性膜の組成は、84Co-17Cr-17Pt-2B とした。

【0139】表5より、永久磁石膜8を設けたものは、記録再生特性を悪化させることなく、軟磁性下地膜2の磁壁起因のスパイク状ノイズの発生を抑えることができた。

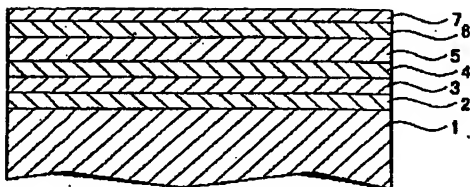
【0140】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜が設けられ、前記配向制御膜がNi-X1-X2で表される合金であって、Niの含有率が20～80at%で、X1がTa、Nb、Hf、Zr、Tiから選ばれるいずれか1種または2種以上、X2がB、C、P、Si、Ge、Ptから選ばれるいずれか1種または2種以上であるので、記録再生特性が向上しおよび/または熱揺らぎ耐性が向上するので、高記録密度に適した磁気記録媒体となる。

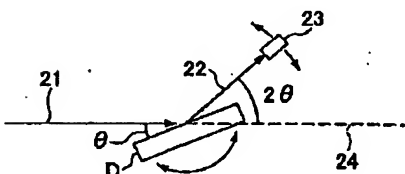
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態の一例を示す1部断面図である。

【図1】



【図5】



【図2】逆磁区核形成磁界(-Hn)の一例を示すグラフである。

【図3】逆磁区核形成磁界(-Hn)の他の例を示すグラフである。

【図4】 $\Delta H_c / H_c$ の一例を示すグラフである。

【図5】 $\Delta \theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。

【図6】 $\Delta \theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。

【図7】ロッキング曲線の一例を示すグラフである。

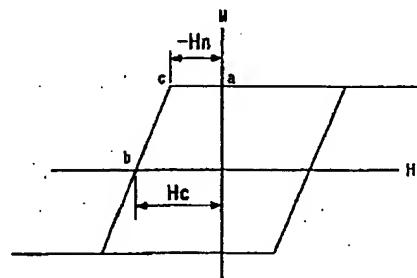
【図8】本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態の一例を示す1部断面図である。

【図9】本発明の磁気記録再生装置の1例を示す概略図であり、(a)は全体構成を示し、(b)は磁気ヘッドを示す。

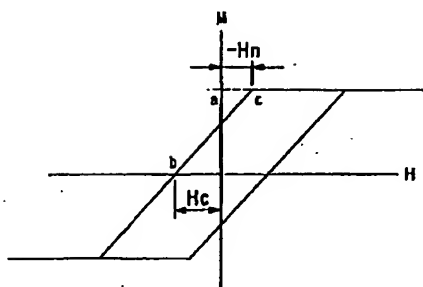
【符号の説明】

1：非磁性基板、2：軟磁性下地膜、3：配向制御膜、4：中間膜、5：垂直磁性膜、6：保護膜、7：潤滑膜、8：永久磁石膜、10：磁気記録媒体、11：媒体駆動部、12：磁気ヘッド、12a：主磁極、12b：補助磁極、12c：連結部、12d：コイル、13：ヘッド駆動部、14：記録再生信号処理系

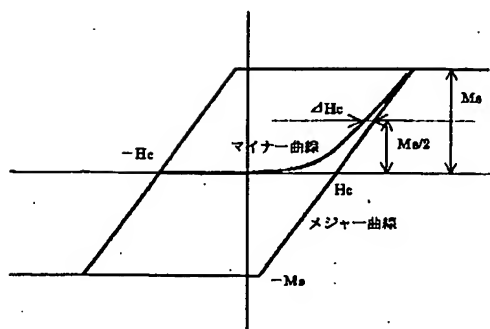
【図2】



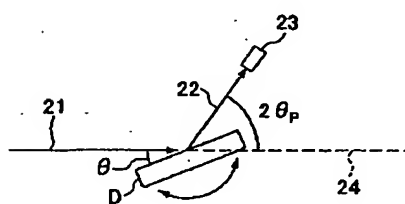
【図 3】



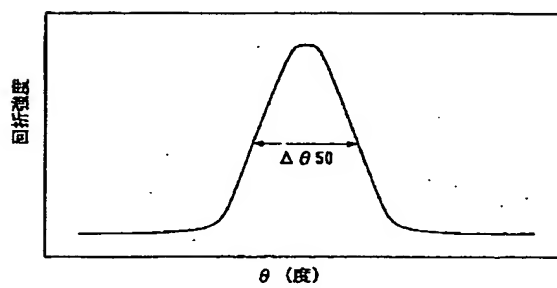
【図 4】



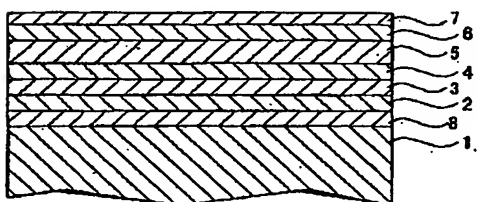
【図 6】



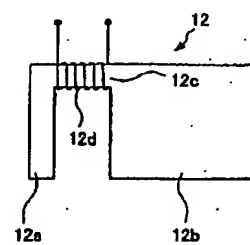
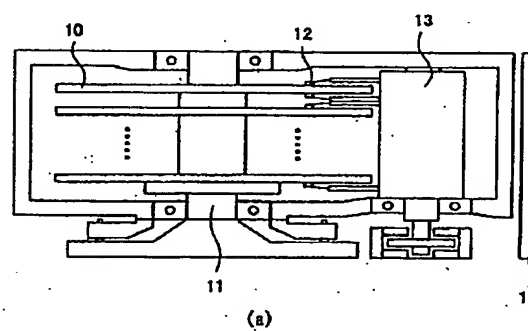
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード (参考)
H O 1 F	10/16	H O 1 F	10/16
	10/28		10/28
	10/30		10/30
	41/18		41/18
(72) 発明者 國分 誠人		(72) 発明者 酒井 浩志	
千葉県市原市八幡海岸通り 5 番の 1 昭和		千葉県市原市八幡海岸通り 5 番の 1 昭和	
電工エイチ・ディー株式会社内		電工エイチ・ディー株式会社内	
(72) 発明者 望月 寛夫		F ターム (参考)	5D006 BB01 BB06 BB07 CA01 CA03
千葉県市原市八幡海岸通り 5 番の 1 昭和			CA05 CA06 DA03 DA08 FA09
電工エイチ・ディー株式会社内			5D112 AA03 AA04 AA05 AA24 BB01
			BB06 BD03 FA04
			5E049 AA01 AA04 AA09 AC05 BA08
			CB01 DB02 DB12 GC01